

INK-JET PRINTER HEAD AND ITS MANUFACTURE

Publication number: JP10181010 (A)

Publication date: 1998-07-07

Inventor(s): SHIMADA KATSUTO; TAKAHASHI TETSUJI; NISHIWAKI MANABU; HASHIZUME TSUTOMU

Applicant(s): SEIKO EPSON CORP

Classification:

- international: **B41J2/045; B41J2/055; B41J2/14; B41J2/16; B41J2/045; B41J2/055; B41J2/14; B41J2/16;** (IPC1-7): B41J2/045; B41J2/055; B41J2/16

- European: B41J2/16M3W; B41J2/14D2; B41J2/16D2; B41J2/16M1; B41J2/16M3D; B41J2/16M4; B41J2/16M8C; B41J2/16M8S; B41J2/16M8T

Application number: JP19960306373 19961118

Priority number(s): JP19960306373 19961118; JP19950306198 19951124; JP19960057950 19960314; JP19960284487 19961025

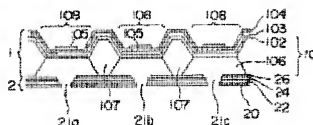
Also published as:

JP3460218 (B2)
EP0775581 (A2)
EP0775581 (A3)
EP0775581 (B1)
US6019458 (A)

Abstract of JP 10181010 (A)

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an ink-jet printer head and its manufacture whereby a wafer can be increased in area without causing crosstalks.

SOLUTION: The ink-jet printer head has a plurality of pressuring chambers 106 at one face of a pressuring chamber substrate 1. Grooves 108 are formed at positions confronting to the pressuring chambers of an opposite face to the face of the pressuring chamber substrate 1 where the pressuring chambers 106 are formed. A vibrating plate film 102 pressuring ink in the pressuring chamber, and piezoelectric thin film elements 103-105 on the vibrating plate film 102 are formed in the groove 108. The piezoelectric thin film element has a piezoelectric film held between an upper and a lower electrodes. A width of at least the upper electrode 105 is set to be narrower than that of the pressuring chamber.



Data supplied from the **esp@cenet** database — Worldwide

特開平10-181010

(43) 公開日 平成10年(1998) 7月7日

(51) Int.Cl.⁴

識別記号

F I

B 4 1 J 2/045
2/055
2/16

B 4 1 J 3/04

1 0 3 A

1 0 3 H

審査請求 未請求 請求項の数23 O L (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願平8-306373

(71) 出願人 000002369

(22) 出願日 平成8年(1996)11月18日

セイコーエプソン株式会社

東京都新宿区西新宿2丁目4番1号

(31) 優先権主張番号 特願平7-306198

(72) 発明者 島田 勝人

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコ

(32) 優先日 平7(1995)11月24日

ーエプソン株式会社内

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(72) 発明者 高橋 哲司

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコ

(31) 優先権主張番号 特願平8-57950

ーエプソン株式会社内

(32) 優先日 平8(1996)3月14日

(72) 発明者 西脇 学

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコ

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

ーエプソン株式会社内

(31) 優先権主張番号 特願平8-284487

(32) 優先日 平8(1996)10月25日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(74) 代理人 弁理士 鈴木 喜三郎 (外2名)

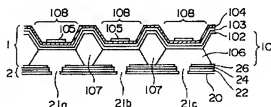
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 インクジェットプリンタヘッドおよびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 クロストークがなく、ウェハの大面积化が可能なインクジェットプリンタヘッドおよびその製造方法の提供。

【解決手段】 加圧室基板1の一方の面に複数の加圧室106が設けられたインクジェットプリンタヘッドであって、加圧室基板1の加圧室106を設けた面と反対側の面における加圧室と相対する位置に溝108が形成され、当該溝108内には、加圧室内のインクを加圧する振動板膜102と、振動板膜102上に圧電体膜が上下電極で挟まれた圧電体薄膜素子(103~105)と、が形成されている。少なくとも上部電極105の幅は、加圧室の幅より狭く形成されている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 加圧室基板の一方の面に複数の加圧室が設けられたインクジェットプリンタヘッドであって、前記加圧室基板の加圧室を設けた面と反対側の面における当該加圧室と相対する位置に溝が形成され、当該溝内には、前記加圧室内のインクを加圧する振動板膜と、当該振動板膜上に圧電体膜が上下電極で挟まれた圧電体薄膜素子とが形成されており、少なくとも前記上部電極の幅は、前記加圧室の幅より狭く形成されていることを特徴とするインクジェットプリンタヘッド。

【請求項2】 前記加圧室基板は、面方位(100)のシリコン単結晶基板であって、複数の前記加圧室の間を仕切る側壁の壁面が、当該加圧室の底面と鈍角をなし、当該側壁の壁面が当該シリコン単結晶基板の(111)面からなることを特徴とする請求項1に記載のインクジェットプリンタヘッド。

【請求項3】 前記加圧室基板の加圧室を設けた面と反対側の面に形成された前記溝の壁面が、当該溝の底面と鈍角をなし、当該溝の壁面が当該シリコン単結晶基板の(111)面からなることを特徴とする請求項2に記載のインクジェットプリンタヘッド。

【請求項4】 前記加圧室基板は、面方位(110)のシリコン単結晶基板であって、複数の前記加圧室の間を仕切る側壁の壁面が、当該加圧室の底面と略直角をなし、当該側壁の壁面が当該シリコン単結晶基板の(111)面からなることを特徴とする請求項1に記載のインクジェットプリンタヘッド。

【請求項5】 前記加圧室基板の加圧室を設けた面と反対側の面に形成された前記溝の壁面が、当該溝の底面と略直角をなし、当該溝の壁面が当該シリコン単結晶基板の(111)面からなることを特徴とする請求項4に記載のインクジェットプリンタヘッド。

【請求項6】 前記加圧室基板の加圧室を設けた面と反対側の面に形成された溝の壁面が、当該溝の底面と鈍角をなすことを特徴とする請求項4に記載のインクジェットプリンタヘッド。

【請求項7】 前記下部電極が前記振動板膜を兼ねることを特徴とする請求項1乃至請求項6のいずれかに記載のインクジェットプリンタヘッド。

【請求項8】 シリコン単結晶基板の一方の面に複数の溝を形成する工程と、当該溝の底面に、振動板膜を形成する工程と、前記振動板膜上に、圧電体膜が上部電極および下部電極で挟まれた圧電体薄膜素子を形成する工程と、前記シリコン単結晶基板の反対側の面における前記溝の底面と相対する位置に、加圧室を形成する工程とを含むことを特徴とするインクジェットプリンタヘッドの製造方法。

【請求項9】 前記圧電体薄膜素子を形成する工程は、前記下部電極を形成する工程と、当該下部電極の上に前記

記圧電体膜を形成する工程と、当該圧電体膜の上に前記上部電極を形成する工程と、当該上部電極の一部を除去することにより、有効な当該上部電極の幅を前記加圧室の幅より狭くする工程とからなることを特徴とする請求項8に記載のインクジェットプリンタヘッドの製造方法。

【請求項10】 前記圧電体膜を形成する工程は、圧電体膜前駆体を形成する工程と、酸素を含む雰囲気中で熱処理を行うことにより、当該圧電体膜前駆体を前記圧電体膜に変換する工程とからなることを特徴とする請求項9に記載のインクジェットプリンタヘッドの製造方法。

【請求項11】 前記上部電極の一部を除去することにより、有効な上部電極の幅を加圧室の幅より狭くする工程は、残したい前記上部電極の領域上に、エッチングに対するマスクとなるエッチングマスク材のパターンを形成する工程と、エッチングマスク材で被覆されていない上部電極領域を、エッチングにより除去する工程とからなることを特徴とする請求項9に記載のインクジェットプリンタヘッドの製造方法。

【請求項12】 前記上部電極の一部を除去することにより、有効な上部電極の幅を加圧室の幅より狭くする工程は、前記上部電極の除去したい領域にレーザーを照射して、上部電極の一部を除去する工程からなることを特徴とする請求項9に記載のインクジェットプリンタヘッドの製造方法。

【請求項13】 加圧室基板の一方の面に複数の加圧室が設けられたインクジェットプリンタヘッドであって、前記加圧室基板は、当該加圧室基板の一方の面に周辺領域を残して凹部が形成され、この凹部が形成された凹部領域にさらに前記加圧室が複数設けられることよって、前記凹部領域における当該加圧室基板の厚さが、複数の前記加圧室の間を隔てる側壁の高さより厚く形成されていることを特徴とするインクジェットプリンタヘッド。

【請求項14】 前記凹部領域にノズル板が底着されてなることを特徴とする請求項13に記載のインクジェットプリンタヘッド。

【請求項15】 加圧室基板の一方の面に複数の加圧室が設けられたインクジェットプリンタヘッドであって、前記加圧室基板の加圧室が設けられた一方の面に係止部が形成され、当該一方の面に貼り合わせられるノズル板には、前記加圧室基板の係止部が係止する被係止部が設けられていることを特徴とする請求項13に記載のインクジェットプリンタヘッド。

【請求項16】 前記凹部領域における加圧室基板の厚さと前記加圧室の間を隔てる側壁の高さとの差が、前記凹部領域と周辺領域との境界から、この境界に直近の加圧室の側壁までの距離 s_1 と、 $s_1 \geq d$ という関係を有することを特徴とする請求項13に記載のインクジェットプリンタヘッド。

【請求項17】 一方の面に複数の加圧室が設けられた加圧室基板を、シリコン単結晶基板に複数形成するインクジェットプリンタヘッドの製造方法であって、前記シリコン単結晶基板を、前記加圧室基板を形成するための単位領域に区分けし、当該加圧室基板の加圧室を設ける面には、前記単位領域ごとに、その周辺に周辺領域を残して凹部を形成する凹部形成工程と、前記凹部形成工程により前記凹部を形成した凹部領域に、さらに前記加圧室を形成し、前記周辺領域における加圧室基板の厚さを、複数の前記加圧室の間を隔てる側壁の高さより厚くする加圧室形成工程と、を備えたことを特徴とするインクジェットプリンタヘッドの製造方法。

【請求項18】 一方の面に複数の加圧室が設けられた加圧室基板を、シリコン単結晶基板に複数形成するインクジェットプリンタヘッドの製造方法であって、前記シリコン単結晶基板を、前記加圧室基板を形成するための単位領域に区分けし、当該加圧室基板の加圧室を設ける面は、前記単位領域の周辺部に周辺領域を残して前記加圧室を形成する加圧室形成工程と、前記加圧室形成工程により前記加圧室を形成した領域にさらに凹部を形成して凹部領域とし、前記周辺領域における加圧室基板の厚さを、複数の前記加圧室の間を隔てる側壁の高さより厚くする凹部形成工程と、を備えたことを特徴とするインクジェットプリンタヘッドの製造方法。

【請求項19】 一方の面に複数の加圧室が設けられた加圧室基板を、シリコン単結晶基板に複数形成するインクジェットプリンタヘッドの製造方法であって、前記シリコン単結晶基板を、前記加圧室基板を形成するための単位領域に区分けし、当該加圧室基板の加圧室を設ける面と反対側の面には、前記単位領域ごとに、その周辺に周辺領域を残して凹部領域を形成する凹部形成工程を備え、前記周辺領域における加圧室基板の厚さを前記凹部領域における加圧室基板の厚さより厚くすることにより、前記シリコン単結晶基板の機械的強度を維持するインクジェットプリンタヘッドの製造方法。

【請求項20】 前記凹部形成工程は、被加工層を形成する被加工層形成工程と、前記被加工層にレジストを設け当該レジストにマスクを施すレジストマスク形成工程と、前記レジストマスク形成工程によりマスクされた前記凹部領域に相当する領域の前記被加工層をエッチングするエッチング工程と、前記エッチング工程により前記被加工層が取り除かれた領域のシリコン単結晶基板をさらにエッチングし前記凹部領域を形成する凹部領域エッチング工程と、前記凹部領域エッチング工程によりエッチングされた前記凹部領域に被加工層を形成する凹部被加工層形成工程と、により構成されることを特徴とする請求項19に記載のインクジェットプリンタヘッドの製

造方法。

【請求項21】 前記凹部形成工程により形成された前記凹部領域に対し、電極層により挟まれた圧電体薄膜を形成する圧電体薄膜形成工程と、弾性を有するローラにより前記圧電体薄膜形成工程により形成された圧電体薄膜上にレジストを形成するレジスト形成工程と、前記レジスト形成工程によりレジストが設けられた前記シリコン単結晶基板を露光する露光工程と、前記露光工程により露光された前記シリコン単結晶基板を現像する現像工程と、前記現像工程によりレジストが設けられた前記圧電体薄膜をエッチングし、圧電体薄膜素子を形成するエッチング工程と、前記エッチング工程により形成された前記圧電体薄膜素子に対応する前記シリコン単結晶基板の他方の位置に前記加圧室を形成する加圧室形成工程とを備えたことを特徴とする請求項19に記載のインクジェットプリンタヘッドの製造方法。

【請求項22】 前記加圧室基板を形成した後、各前記単位領域から前記加圧室基板を分離する際に、前記周辺領域を含まない前記凹部領域のみを前記シリコン単結晶基板から分離して個々の前記加圧室基板とする分離工程を備えたことを特徴とする請求項17乃至請求項21のいずれかに記載のインクジェットプリンタヘッドの製造方法。

【請求項23】 前記加圧室基板を形成した後、各前記単位領域から前記加圧室基板を分離する際に、前記周辺領域を含めて前記加圧室基板を前記シリコン単結晶基板から分離して個々の前記加圧室基板とする分離工程を備えたことを特徴とする請求項17乃至請求項21のいずれかに記載のインクジェットプリンタヘッドの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、インクをノズルから噴射して記録用紙にドットを形成させるオンデマンド方式のインクジェットプリンタヘッドに係り、特に、圧電体に電気的エネルギーを与え、振動板を変位させることによって、インクが溜められた加圧室に圧力を加え、インク噴射を行う圧電方式のインクジェットプリンタヘッドとその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】本発明にかかわる従来技術として、例えば米国特許第5265315号明細書に、薄膜圧電体素子を用いたインクジェットプリンタヘッドの構造が開示されている。

【0003】図20に、従来のインクジェットプリンタヘッドの主要部断面図を示す。この断面図は、細長い形状の加圧室の幅方向に、インクジェットプリンタヘッ

ドの主要部を切断した様子を示す。

【0004】インクジェットプリンタヘッドの主要部は、加圧室基板500とノズル基板508を張り合わせた構造となっている。加圧室基板500は、厚み約150 μ mのシリコン単結晶基板501上に、振動板膜502、下部電極503、圧電体膜504、および上部電極505が順次形成されている。シリコン単結晶基板501には、加圧室506a～cが、シリコン単結晶基板501の厚み方向に貫通するようにエッチング加工されて形成されている。ノズル形成基板508の各加圧室506a～cに対応する位置には、ノズル509a～cが設けられている。

【0005】このようなインクジェットプリンタヘッドの製造技術は、米国特許第5265315号明細書等に示されている。加圧室基板の製造工程では、まず厚さ150 μ m程度の厚さのシリコン単結晶基板（ウェハ）を、個々の加圧室基板を設けるための単位領域に区分けする。ウェハの一方の面には、加圧室に圧力を加えるための可撓性のある振動板膜が設けられる。さらにこの振動板膜上の加圧室に対応する位置には、圧力を発生する圧電体膜がスパッタ法やゾルゲル法等の薄膜製法により一体的に形成される。ウェハの他方の面には、レジストマスクの形成、エッチングを繰り返し、幅が130 μ mでウェハの厚みと同じ高さを有する側壁で各々が仕切られた加圧室の集合が形成される。これらの製法によつて、例えば、従来のインクジェットプリンタヘッドでは、加圧室506a～cの幅が170 μ mとし、解像度約90dpi（ドット・パー・インチ）のノズル509の列を、記録用紙に3.7度の角度で向けることにより、300dpiの印字記録密度を達成していた。

【0006】図21に、前記従来のインクジェットプリンタヘッドの動作原理の説明図を示す。同図は、図20で示したインクジェットプリンタヘッドの主要部に対する電気的な接続関係を示したものである。駆動電源513の一方の電極は、配線514を介し、インクジェットプリンタヘッドの下部電極503に接続される。駆動電源513の他方の電極は、配線515およびスイッチ516a～cを介して、各加圧室506a～cに対応する上部電極505に接続される。

【0007】同図では、加圧室506bのスイッチ516bのみが開閉され、他のスイッチ516a、cが開閉されている。スイッチ516が開閉している加圧室506cは、インク吐出の待機時を示す。吐出時には、スイッチ516が開閉される（516b）。電圧は、矢印に示す圧電体膜504の分極方向と同極性、換言すると分極時の印加電圧の極性と同一ように電圧が印加される。圧電体膜504は、厚み方向に膨張すると共に、厚み方向と垂直な方向に収縮する。この収縮で圧電体膜504と振動板膜502の界面に圧縮の剪断応力が働き、振動板膜502および圧電体膜504は同図の下方向にたわ

む。このたわみにより、加圧室506bの体積が減少しノズル509bからインク滴512が飛び出す。その後再びスイッチ516を開くと（516a）、たわんでいた振動板膜502等が復元し、加圧室体積の膨張により、図示しないインク供給路より加圧室506aへインクが充填される。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来例の構造にて、印字記録密度を向上するためには、以下のような問題点を有していた。

【0009】その第1点として、記録密度を向上することは困難であった。インクジェットプリンタ装置に対しては、高精細に印字する要求が日々高まってきている。この目的に対応するためには、インクジェットプリンタヘッドの一つのノズルから噴射するインク量を少なくし、ノズルを高密度化することが不可欠となる。ノズルをスキャン方向に傾ければ、更に印字密度が向上する。加圧室とノズルのピッチは等しい為、高精細印字を達成するためには、加圧室を高密度化して集積する必要がある。例えば、解像度180dpiのインクジェットプリンタヘッドでは、約140 μ mの加圧室のピッチが必要である。すなわち、インク噴射圧力、噴射量の最適化計算を行うと、加圧室の幅を約100 μ m、加圧室の側壁の厚みを約40 μ mとするのが理想的である。

【0010】このころが、加圧室の側壁は構造上の制約がある。すなわち、一つの加圧室に圧力が加えられた際、側壁の高さがその幅に比べあまりに高いと側壁の剛性が不足する。側壁の剛性が不足すると、側壁がたわみ、本来インクを噴射させるべきでない隣の加圧室からもインクが発射される（以下この現象を「クロストーク」という）。例えば、図21に示すように、加圧室506bに圧力が加えられると、側壁507a、bの剛性が不足しているため、側壁がBの方向にたわむ。すると加圧室506a、cの圧力も上がるため、ノズル509a、cからもインクが吐出してしまう。この現象は、インクジェットプリンタヘッドの解像度を高めれば、高めるほど壁の厚みが薄くなるため顕著になってくる。

【0011】クロストークを防止するためには、側壁の厚さを厚くすればよい。しかし、インクジェットプリンタヘッドの解像度を高めるという需要に応じるためには、側壁の厚さをあまり厚くすることができない。

【0012】一方、側壁の高さを側壁の厚さより低くしてもクロストークを防止できる。ところが、製造工程においてウェハを安全に取り扱うためには、ウェハ全体に十分な機械的強度が要求されるため、ウェハには一定の厚さが必要である。例えば直径4インチのシリコン基板の場合、150 μ mよりウェハの厚みを薄くすると、ウェハがたわんだり、製造工程中の取扱いは非常に困難になるのである。

【0013】したがって、解像度を向上させつつ側壁の

剛性を確保し、クロストークを防止するのが困難であった。

【0014】第2点として、工業的に、安価に、インクジェットプリンタヘッドを作成することが困難であった。インクジェットプリンタヘッドの単価を下げるには、ウェハを大面積化（例えば直径6、あるいは8インチ）し、一時に形成できる加圧室基板の数を増やせばよい。ところが、上述したように、ウェハの面積を大きくするほど、必要なウェハ自体の機械的強度を得るためにウェハの厚みを厚くする必要がある。ウェハの厚みを厚くすれば、上述したように、クロストークを防止することができなくなるのである。

【0015】そこで、上記問題点に鑑み、本発明の第1の目的は、加圧室側壁の剛性を高め、クロストークを防止できるインクジェットプリンタヘッドおよびその製造方法を提供することにある。また、本発明の第2の目的は、シリコン単結晶基板の面積化が可能なインクジェットプリンタヘッドの製造方法を提供することである。

【0016】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の発明は、加圧室基板の一方の面に複数の加圧室が設けられたインクジェットプリンタヘッドに適用される。加圧室基板の加圧室を設けた面と反対側の面における加圧室と相対する位置には、溝が形成される。溝内には、加圧室内のインクを加圧する振動板膜と、振動板膜上に圧電体膜が上下電極で挟まれた圧電体薄膜素子と、が形成されている。少なくとも上部電極の幅は、加圧室の幅より狭く形成されている。

【0017】請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の発明の望ましい態様であり、加圧室基板が、面方位（100）のシリコン単結晶基板であって、複数の加圧室の間を仕切る側壁の壁面が、加圧室の底面と鈍角をなし、側壁の壁面が当該シリコン単結晶基板の（111）面からなる。

【0018】請求項3に記載の発明は、請求項2に記載の発明の望ましい態様であり、加圧室基板の加圧室を設けた面と反対側の面に形成された溝の壁面が、溝の底面と鈍角をなし、溝の壁面がシリコン単結晶基板の（111）面からなる。

【0019】請求項4に記載の発明は、請求項1に記載の発明の望ましい態様であり、加圧室基板が、面方位（110）のシリコン単結晶基板であって、複数の加圧室の間を仕切る側壁の壁面が、加圧室の底面と略直角をなし、側壁の壁面がシリコン単結晶基板の（111）面からなる。

【0020】請求項5に記載の発明は、請求項4に記載の発明の望ましい態様であり、加圧室基板の加圧室を設けた面と反対側の面に形成された溝の壁面が、溝の底面と略直角をなし、溝の壁面が当該シリコン単結晶基板の（111）面からなる。

【0021】請求項6に記載の発明は、請求項4に記載の発明の望ましい態様であり、加圧室基板の加圧室を設けた面と反対側の面に形成された溝の壁面が、溝の底面と鈍角をなすことである。

【0022】請求項7に記載の発明は、請求項1乃至請求項6のいずれかに記載の発明の望ましい態様であり、下部電極が振動板膜を兼ねることである。

【0023】請求項8に記載の発明は、シリコン単結晶基板の一方の面に複数の溝を形成する工程と、溝の底面に、振動板膜を形成する工程と、振動板膜上に、圧電体膜が上部電極および下部電極で挟まれた圧電体薄膜素子を形成する工程と、シリコン単結晶基板の反対側の面における溝の底面と相対する位置に、加圧室を形成する工程とを含む。

【0024】請求項9に記載の発明は、請求項8に記載の発明の望ましい態様であり、圧電体薄膜素子を形成する工程は、下部電極を形成する工程と、下部電極の上に前記圧電体膜を形成する工程と、圧電体膜の上に上部電極を形成する工程と、上部電極の一部を除去することにより、有効な当該上部電極の幅を加圧室の幅より狭くする工程とからなる。

【0025】請求項10に記載の発明は、請求項9に記載の発明の望ましい態様であり、圧電体膜を形成する工程は、圧電体膜前駆体を形成する工程と、酸素を含む雰囲気中で熱処理を行うことにより、圧電体膜前駆体を圧電体膜に変換する工程とからなる。

【0026】請求項11に記載の発明は、請求項9に記載の発明の望ましい態様であり、上部電極の一部を除去することにより、有効な上部電極の幅を加圧室の幅より狭くする工程は、残したい上部電極の領域上に、エッチングに対するマスクとなるエッチングマスク材のパターンを形成する工程と、エッチングマスク材で被覆していない上部電極領域を、エッチングにより除去する工程とからなる。

【0027】請求項12に記載の発明は、請求項9に記載の発明の望ましい態様であり、上部電極の一部を除去することにより、有効な上部電極の幅を加圧室の幅より狭くする工程は、上部電極の除去したい領域にレーザーを照射して、上部電極の一部を除去する工程からなる。

【0028】請求項13に記載の発明は、加圧室基板の一方の面に複数の加圧室が設けられたインクジェットプリンタヘッドに適用される。加圧室基板は、加圧室基板の一方の面に周辺領域を残して凹部が形成され、この凹部が形成された凹部領域にさらに加圧室が複数設けられる。これによって、周辺領域における加圧室基板の厚さが、複数の加圧室の間を隔てる側壁の高さより厚く形成されている。

【0029】この発明によれば、各単位領域には厚みの異なる周辺領域が格子のように残されることになるので、加圧室基板が形成されたシリコン単結晶基板であっても

基板自体の強度が高い。このことは、製造工程における取り扱いを容易にする。また、本発明によればシリコン単結晶基板の機械的強度を高くすることができるので、基板を大面積化して、より多くの加圧室基板を設けることができる。

【0030】請求項14に記載の発明は、請求項13に記載の発明の望ましい態様であり、凹部領域にノズル板が接着されてなる。

【0031】請求項15に記載の発明は、請求項13に記載の発明の望ましい態様であり、加圧室基板の一方の面に複数の加圧室が設けられたインクジェットプリンタヘッドであって、加圧室基板の加圧室が設けられた一方の面に係止部が形成され、一方の面に貼り合わせられるノズル板には、加圧室基板の係止部が係止する被係止部が設けられている。

【0032】請求項16に記載の発明は、請求項13に記載の発明の望ましい態様であり、周辺領域における加圧室基板の厚さと加圧室の間を隔てる側壁の高さとの差が、凹部領域と周辺領域との境界から、この境界に直近の加圧室の間壁までの距離 s と、 $s \geq d$ という関係を有する。

【0033】請求項17に記載の発明は、一方の面に複数の加圧室が設けられた加圧室基板を、シリコン単結晶基板に複数形成するインクジェットプリンタヘッドの製造方法であって、シリコン単結晶基板を、加圧室基板を形成するための単位領域に区分けし、加圧室基板の加圧室を設ける面に、単位領域ごとに、その周辺に周辺領域を残して凹部を形成する凹部形成工程と、凹部形成工程により凹部を形成した凹部領域に、さらに加圧室を形成し、周辺領域における加圧室基板の厚さを、複数の加圧室の間を隔てる側壁の高さより厚くする加圧室形成工程と、を備えて構成される。

【0034】請求項18に記載の発明は、一方の面に複数の加圧室が設けられた加圧室基板を、シリコン単結晶基板に複数形成するインクジェットプリンタヘッドの製造方法であって、シリコン単結晶基板を、加圧室基板を形成するための単位領域に区分けし、加圧室基板の加圧室を設ける面に、単位領域の周辺部に周辺領域を残して加圧室を形成する加圧室形成工程と、加圧室形成工程により加圧室を形成した領域にさらに凹部を形成して凹部領域とし、周辺領域における加圧室基板の厚さを、複数の前記加圧室の間を隔てる側壁の高さより厚くする凹部形成工程と、を備えて構成される。

【0035】請求項19に記載の発明は、一方の面に複数の加圧室が設けられた加圧室基板を、シリコン単結晶基板に複数形成するインクジェットプリンタヘッドの製造方法である。一つのシリコン単結晶基板上で加圧室基板が形成される領域の単位を単位領域と称する。この加圧室基板の加圧室を設ける面と反対側の面には、凹部領域が形成される。この凹部領域は、単位領域ごとに、そ

の周辺に周辺領域を残して凹部を形成した領域である。

【0036】したがって、周辺領域における加圧室基板の厚さが、凹部領域における加圧室基板の厚さより厚くなる。各単位領域には厚みのある周辺領域が格子のように残されることになるので、加圧室基板が形成されたシリコン単結晶基板であっても基板自体の強度が高い。このことは、製造工程における取り扱いを容易にする。また、本発明によればシリコン単結晶基板の機械的強度を高くすることができるので、基板を大面積化して、より多くの加圧室基板を設けることができる。

【0037】なお、凹部領域を設ける面とは反対側の基板の面には、通常の製造方法等を用いて加圧室が形成される。この加圧室はインクを噴射するための空間であり、レジスト形成、マスク形成、露光、現像およびエッチング等の処理により形成される。

【0038】請求項20に記載の発明は、請求項19に記載の発明の望ましい態様であり、凹部形成工程が以下の工程を備える。

【0039】i) 被加工層を形成する被加工層形成工程
ii) 被加工層にレジストを設けレジストにマスクを施すレジストマスク形成工程
iii) レジストマスク形成工程によりマスクされた凹部領域に相当する領域の被加工層をエッチングするエッチング工程
iv) エッチング工程により被加工層が取り除かれた領域のシリコン単結晶基板をさらにエッチングし凹部領域を形成する凹部領域エッチング工程
v) 凹部領域エッチング工程によりエッチングされた凹部領域に被加工層を形成する凹部被加工層形成工程

請求項21に記載の発明は、請求項19に記載の発明の望ましい態様である。圧電体薄膜形成工程において、凹部領域に対し、電極層により挟まれた構造の圧電体薄膜が形成される。この圧電体薄膜はエッチングにより形成される圧電体薄膜素子となるものである。レジスト形成工程では、弾性を有するローラにより、圧電体薄膜上にレジストを形成する(例えば、ロールコート法)。次いで、露光工程によりレジストが設けられたウェハを露光し、現像工程により露光されたウェハを現像する。これら工程により圧電体薄膜上には、圧電体薄膜素子を形成するためのレジスト(ボジ型であってもネガ型であってもよい)が残される。エッチング工程では、圧電体薄膜をエッチングすることにより、圧電体薄膜素子が形成される。加圧室形成工程では、圧電体薄膜素子が形成された凹部領域上の位置とは反対の面において、前記圧電体薄膜素子に対応する位置に加圧室がエッチング等により形成される。

【0040】加圧室基板の形成が終了すると、各加圧室基板を分離する必要がある。このとき、例えば請求項22に記載したように、周辺領域を含まない凹部領域のみを分離して個々の加圧室基板を分離するのは望ましい。また、請求項23に記載したように、周辺領域を含めて

加圧室基板を分離してもよい。このとき、分離した各加圧室基板は周辺領域において厚く、凹部領域において薄い構造の基板となるが、そのままの形状でインクジェットプリンタヘッドの基体に取り付けることができる。

【0041】

【発明の実施の形態】次に、本発明の最良の実施の形態を図面を参照して説明する。

【0042】＜第1形態＞本実施の第1形態は、シリコン単結晶基板の加圧室を設ける面と反対側の面に、加圧室に対応させて溝を形成することにより、クロストークの防止を図るものである。

【0043】（インクジェットプリンタヘッドの構成）図1に、本発明に係るインクジェットプリンタヘッドの全体構成の斜視図を示す。ここでは、インクの共通流路が、加圧室基板内に設けられるタイプを示す。

【0044】図1に示すように、インクジェットプリンタヘッドは、加圧室基板1、ノズルユニット2及び加圧室基板1が取り付けられる基体3から構成される。

【0045】加圧室基板1は、本発明に係る製造方法によりシリコン単結晶基板（以下「ウェハ」という）上に形成された後、各々に分離される。加圧室基板1の製造方法の詳細については後述する。加圧室基板1は、複数の無断状の加圧室106が設けられ、すべての加圧室106にインクを供給するための共通流路110を有する。加圧室106の間は、側壁107により隔てられている。加圧室基板1の基体3側（図1では図示されない面）には、振動板膜（後述する）が設けられており、振動板膜の基体3側には、振動板膜に圧力を与える圧電体薄膜素子（後述する）が設けられている。

【0046】ノズルユニット2は、加圧室基板1に蓋をするように貼り付けられる。加圧室基板1とノズルユニット2とを貼り合わせた際に、加圧室106に対応することとなるノズルユニット2上の位置には、インク滴を噴射するためのノズル21が設けられる。各加圧室106には、図示しない圧電体薄膜素子が配置される。各圧電体薄膜素子の電極からの配線は、フラットケーブルである配線基板4に集められ、基体3の外部に取り出される。

【0047】基体3は、金属等の剛体であり、インク滴を溜めることができると同時に加圧室基板の取り付け台となる。

【0048】図2に、本形態のインクジェットプリンタヘッドの主要部、すなわち、加圧室基板とノズルユニットの層構造を示す。ここでは、インクの共通流路が、加圧室基板ではなく、リザーバ室形成基板に形成されるタイプを示す。

【0049】加圧室基板1の構造については、後述する。ノズルユニット2は、連通路27が形成された連通路基板26、複数のインク供給孔25を有するインク供給路形成基板24、インクリザーバ室23を有するリザ

ーバ室形成基板22、および複数のノズル21を有するノズル形成基板20によって構成される。圧力室基板1とノズルユニット2とは、接着剤によって接合されている。前記インクリザーバ室23は、図1における共通流路と同等の働きを備える。

【0050】なお、図2は、簡略化の為、ノズルが1列4ヶで、縦2列に構成した構造図を示すが、実際には、ノズル数、列数には限定されず、どのような組み合わせでもよい。

【0051】図3は、本形態のインクジェットプリンタヘッドにおける主要部の断面図であり、加圧室の長手方向に直角な面で当該主要部を切断した断面形状を示す。同図中、図1および図2と同一構造については、同一記号で示し、その説明を省略する。加圧室基板1は、ETCHING前の初期においては面方位（100）のシリコン単結晶基板10である。その一方の面（以下「駆動素子側」と呼ぶ）には溝108が形成される。溝108は、その側壁の壁面が溝の底面と鈍角をなすように形成されている。さらに溝108には、振動板膜102、下部電極103、圧電体膜104、および上部電極105からなる薄膜圧電体素子が薄膜プロセスにより一体的に形成されている。上記駆動素子側の溝108と相対するシリコン単結晶基板10の他方の面（以下「加圧室側」と呼ぶ）には、加圧室106が形成される。加圧室106は、加圧室を隔てる側壁107の壁面が加圧室の底面と鈍角をなすように形成される。この加圧室基板1に、図2で説明したノズルユニット2を貼り合わせれば、インクジェットプリンタヘッドの主要部の構成となる。

【0052】なお、本形態では、180dpiの高密度化インクジェットプリンタヘッドを想定し、加圧室間のピッチが140 μ m程度であるものとした。このような高密度に加圧室を設けたヘッドを製造する場合、圧電体素子としては、ハルク圧電体素子を接合するのではなく、本形態のように、薄膜プロセスを用いて、シリコン単結晶基板10上に一体的に形成する必要があるのである。

【0053】本形態のインクジェットプリンタヘッドの使用時には、ノズルユニット2で蓋をされた加圧室106にインクが充填される。インク噴射動作としては、インクを噴射したいノズルに対応する位置の圧電体薄膜素子に電圧を印加する。これにより、振動板膜が加圧室方向にたわみ、インク噴射が行われる。

【0054】本形態では、溝108を設けたので、加圧室106の深さがシリコン単結晶基板10の厚さに比べ大分（例えば、75 μ m）浅い。したがって、加圧室の側壁107の剛性が高い。例えば、図3における中央の薄膜圧電素子を駆動して、中央のノズル21bからインク噴射させた場合、その両側のノズル21aや21cからは、インク噴射することなく、いわゆるクロストークがない。

【0055】次に、この圧力形成基板の製造方法の実施例を詳細に説明する。

【0056】(実施例1) 図4(a)~(e)に、実施例1の圧入室基板の製造工程における断面図を示す。ここでは、図を簡略化するため、シリコン単結晶基板10(ウェハ)に複数形成する加圧室基板1のなかの、さらに一つの加圧室の部分のみを示す。

【0057】図4(a): まず、面方位(100)のシリコン単結晶基板10を用意する。この図において、紙面に対し垂直方向が<110>軸、この基板の上下面が(100)面であり、シリコン単結晶基板10の厚みを約150 μ mと仮定する。この基板10を、例えば、1000~1200℃程度で水蒸気を含む酸素雰囲気にて、湿式熱酸化を行い、基板10の両面に、熱酸化膜102を形成する。熱酸化膜102の厚みは、後述する基板10のエッチングのエッチングマスクとなるのに必要な厚さ、例えば、0.5 μ mとする。

【0058】さらに、振動板膜を形成する能動素子側の熱酸化膜102を通常の薄膜プロセスで使用されるフォトリソ工程にて、パターンエッチングする。パターン幅は、例えば80 μ mとする。熱酸化膜102のエッチング液には、弗酸と弗化アンモニウムからなる混合溶液を用いる。

【0059】図4(b): 次に、例えば、濃度10%、80℃の水酸化カリウム水溶液に浸して、基板10をハーフエッチングする。上記水酸化カリウム水溶液に対して、シリコンと熱酸化膜のエッチング選択比は、400:1以上あるため、シリコン基板が露出している領域のみがエッチングされる。エッチング形状は、側面が、(111)結晶面で、底面が(100)面の台形状となり、そのなす角は、鈍角(180度~約54度)となる。この理由は、水酸化カリウム水溶液を用いた場合のエッチング速度は、シリコンの結晶面方位に依存し、(111)面方向のエッチング速度は、他の結晶面に比べて、極めて遅いためである。エッチング深さは、エッチング時間で管理し、例えば、基板のちょうど中央の75 μ mとする。

【0060】エッチングマスクの熱酸化膜102及び裏面の熱酸化膜102を一度上記弗酸系混合溶液にて、完全にエッチング除去した後、再度、基板10の両面に前述した湿式熱酸化法により、厚み1 μ mの熱酸化膜102を形成する。この台形状溝部に形成された部分の熱酸化膜102は、振動板膜として機能する。

【0061】加圧室側の熱酸化膜102は、後に加圧室を形成するため、通常のフォトリソ工程にて、パターンエッチングしておく。

【0062】図4(c): 引き続き、熱酸化膜302上に、薄膜圧電体素子を形成する。薄膜圧電体素子は、圧電体膜が、上下の電極で挟まれた構成となっている。下部電極103として、例えば、膜厚0.8 μ mの白金をスパッタ法により形成する。圧電体104の組成は、例えば、チタン酸ジルコン酸鉛、マグネシウムニオブ酸鉛、ニッケルニオブ酸鉛、亜鉛ニオブ酸鉛、マグネシウムタンタステン酸鉛のいずれかを主成分とする材料、あるいはそれらの固溶体を主成分とする材料である。その成膜方法としては、例えば、目的材料組成を焼結した焼結体ターゲットを用いた、高周波マグネトロンスパッタ法を用いる。成膜中に基板加熱を行わない場合には、スパッタ成膜した膜は、圧電特性を示さないアモルファス膜のため、ここでは圧電体膜前駆体と呼ぶ。次に、酸素を含む雰囲気中で、圧電体膜前駆体が形成された基板を熱処理し、結晶化し、圧電体膜104に変換する。

【0063】上部電極105は、例えば、膜厚0.1 μ mの白金をスパッタ法により形成する。

【0064】図4(d): 薄膜圧電体素子を、個々のユニットに分離すると共に、振動板膜を変位させることができるように加圧室幅より上部電極幅を狭くする。具体的には、通常のフォトリソ工程にて、残したい上部電極105領域上にフォトリソレジストを残すようにパターンニングし、イオンミリング、あるいはドライエッチングにより、不要部分の上部電極を除去する。

【0065】図4(e): 最後に、前述したシリコン基板のエッチング方法と同様にして、基板10の露出した加圧室側の面を水酸化カリウム水溶液にてエッチングし、加圧室106を形成する。基板10のエッチングは、熱酸化膜102が露出する深さまで行う。

【0066】ここで、能動素子が形成された面が、水酸化カリウム水溶液で侵されるので、治具を使って、水酸化カリウム水溶液が能動素子面に、回り込まないようにする。

【0067】上述のような手順で、インクジェットプリンタヘッドの加圧室基板1の形成が終了する。

【0068】なお、上記製造方法において、圧電体膜の製造方法に高周波マグネトロンスパッタ法を用いて説明したが、ゾルゲル法、有機金属熱分解法、有機金属気相成長法等の他の薄膜形成方法を用いても差し支えない。

【0069】(実施例2~6) 実施例1とは、異なる構造の別の実施例の一覧表を実施例1も含めて表1に示す。

【0070】

【表1】

実施例	シリコン基板 面方位	上部電極 パターニング方法	能動素子側 溝加工方法	加圧室の幅と 能動素子側の溝幅
1図	(100)	フォトリソ工程と エッチング工程	異方性ウェット エッチング	等しい
2図	(100)	レーザ加工	異方性ウェット エッチング	等しい
3図	(100)	レーザ加工	ドライエッチング	等しい
4図	(110)	レーザ加工	異方性ウェット エッチング	等しい
5図	(110)	レーザ加工	ドライエッチング	等しい
6図	(110)	レーザ加工	ドライエッチング	加圧室の幅 > 能動素子側の溝幅

【0071】実施例2～実施例6に対応する加圧室の長手方向に直交面における加圧室基板の断面図を図5～図9に各々示す。これらの図では、図の簡略化のため、図4と同様に加圧室一つの部分のみの断面図を示す。

【0072】図5に、実施例2による断面図を示す。実施例2が、実施例1と異なるのは、上部電極105のパターンである。素子分離の溝のパターニングは、上部電極105の形成後、直接レーザを照射することによって行った。したがって、側壁107の上部においても上部電極膜105が残されているが、加圧室106上部の上部電極105とは、電気的に分離しているため上部電極としての機能を果たしていない。なお、レーザ加工には、例えば、YAGレーザを用いた。

【0073】図6に、実施例3による断面図を示す。この実施例3が実施例2と異なるのは、能動素子側の溝の側壁の角度が急な点である。本実施例では、加圧室側に比べて、能動素子側の溝108の深さを深くしている。側壁107の壁幅を等しくするため、ドライエッチング法を用いて、このような形状にした。このように、加圧室106の深さを浅くし、能動素子側での加圧室106の幅を実施例2と同一に設定すると、同図最下部の加圧室開口部の幅を小さくできるので、より高密度化が可能となる。

【0074】図7に、実施例4による断面図を示す。この実施例4は、シリコン単結晶基板の面方位を(110)面とし、加圧室106の長手方向、即ち紙面に垂直方向を<1-12>軸とした例である。

【0075】図8に、実施例5による断面図を示す。この実施例5は、シリコン単結晶基板の面方位を(110)面とし、加圧室106の長手方向、即ち紙面に垂直方向を<1-12>軸とした例である。

6が形成できる。これは、前述したように、水酸化カリウム水溶液を用いた場合のエッチング速度は、シリコンの結晶面方位に依存し、(111)面方向のエッチング速度は、他の結晶面に比べて、極めて遅いためである。したがって、(100)面のシリコン基板を用いたときより、更に、高密度化が可能となる。能動素子側も、異方性ウェットエッチングにより形成したため、上部電極105のパターニングは、レーザ加工とした。

【0076】図9に、実施例5による断面図を示す。この実施例5が、実施例4と異なるのは、能動素子側の溝108の壁面の角度が、緩やかな点である。

【0077】能動素子側の溝108は、ドライエッチング法により形成した。本実施例では、下部電極103、圧電体膜104、上部電極105をスパッタ法等で形成する場合に、能動素子側の溝108内部への上記膜材料のスパッタ成膜時の回り込みが改善され、溝底部面に形成されるそれらの膜は、より平坦度が増す。

【0078】図9に、実施例6による断面図を示す。この実施例6が、実施例5と異なるのは、加圧室の幅が、能動素子側の溝幅より狭いことである。

【0079】なお、加圧室の幅が、能動素子側の溝幅より広くなってしまおうと(同図中点線で示す)、インク噴射させるために、薄膜圧電体素子を駆動するとき、角(同図中矢印で示す)の部分で、強度が弱く、膜破壊が発生してしまう。本実施例では、これを防止するために余裕を見て、加圧室106の幅を能動素子側の溝108の幅より、少し狭くしている。

【0080】上記各実施例では、振動板膜として、シリコン熱酸化膜を用いて説明したが、これに限定されるわけではない。例えば、酸化ジルコニウム膜、酸化タンタ

ル膜、窒化シリコン膜、酸化アルミニウム膜でもよく、振動板膜自体を無くし、下部電極膜で、振動板膜を兼ねてもよい。

【0081】また、シリコン基板の異方性エッチングの溶液として、水酸化カリウム水溶液を用いて説明したが、水酸化ナトリウム、ヒドランジ、テトラ・メチル・アンモニウム、ハイドロキサイドのごとき他のアルカリ系溶液であっても、もちろんよい。

【0082】＜第2形態＞本発明の実施の第2形態は、シリコン単結晶基板の加圧室を設ける面に凹部を形成することにより、基板面積が大きくてもクロストークの少ない加圧室基板を多数形成できるインクジェットプリンタヘッドの製造方法に関する。

【0083】（ウェハの構造）図10に、本第2形態に係るシリコン単結晶基板（ウェハ）上の加圧室基板のレイアウト図を示す。同図に示すように、シリコン単結晶基板10の上に加圧室基板1を複数まとめて形成する。基板10の材質は、従来の基板と同様の単結晶のシリコンであるが、その面積が従来のウェハに比べて広い。基板の面積を広くしたため、製造工程における機械的強度を担保するために、基板を従来よりも厚くする。例えば、従来の基板の厚みは、クロストークを防止すべく150 μ m以下であったが、本形態における基板10では、300 μ m程度にする。

【0084】ただし、製造工程における取り扱いに支障がない限り、基板の面積を大きくできる。例えば、従来の基板の面積は直径4インチ程度が限界であったが、本形態における基板によれば、直径6〜8インチにすることができる。基板の面積を大きくすればするほど、一枚の基板に形成できる加圧室基板1の個数を多くできるので、さらにコストダウンを図れる。

【0085】加圧室基板1を一つ設けるための基板10上の領域を単位領域と称する。基板10は、基板単位境界13によって格子状に区分けされる。単位領域（加圧室基板）は縦横に並べられた配置となる。製造工程における取り扱いを容易にする等のため、基板10の外周部11には加圧室基板1を配置しない。後述する凹部12は、同図のように、基板10の加圧室側の各単位領域の内側に形成される。加圧室基板1の間の境界の領域、すなわち単位領域の周辺領域には凹部を設けない。このため、エッチング処理後、格子状に膜厚の薄い基板単位境界13が残されることとなる。この基板単位境界13が残されることにより、加圧室基板1の形成の製造工程において、凹部12を形成した後も基板10自体の強度が保たれる。凹部12を設けると、凹部12の位置における厚さは150 μ mと従来並みになるが、基板単位境界13の位置における厚さは従来より厚く、高い強度が維持される。

【0086】また、加圧室基板1の形成後、シリコン単結晶基板10を切断し、各加圧室基板1を分離する際に

は、基板単位境界13に沿って切り離せばよい。分離後の加圧室基板1には、凹部領域の周辺に薄い周辺領域が残されるので、加圧室基板1自体の剛性を維持できる。インクジェットプリンタヘッドの基板3に加圧室基板1を取り付けるに際しても、基板3の内側に接する加圧室基板1の側壁の接触面積が大きいため、加圧室基板1を基板3に安定して取り付けることができる。

【0087】なお、上述のように各単位領域ごとに凹部を設ける代わりに、図11に示すように、基板10の外周部11を残して基板全体に凹部12bを設けるものでもよい。外周部11が残されるので、基板10自体の機械的強度を保つことができる。

【0088】（製造方法の実施例1）次に、本形態のインクジェットプリンタヘッドの製造方法の実施例を説明する。

【0089】図12および図13の(a)〜(j)に、本形態の圧力室基板の製造工程における断面図を示す。図12を簡略化するため、シリコン単結晶基板10（ウェハ）に形成する一つの加圧室基板1の断面図を概略して示す。

【0090】図12(a)： まず、所定の大きさ（例えば、直径100mm、厚さ220 μ m）の(110)面を有するシリコン単結晶基板10に対し、その全面に熱酸化法により二酸化シリコンからなるエッチング保護層（熱酸化膜）102を形成する。

【0091】圧電体薄膜の形成に関しては、前述した第1形態と同様に考えることができる。すなわち、シリコン単結晶基板10の一方の面（能動素子層）のエッチング保護層102表面にスパッタ成膜法等の薄膜形成方法により、下部電極103と異なる白金を、例えば800nmの厚みで成膜する。この際、白金層とその上下の層の間の密着力を上げるために、極薄のチタン、クロム等を中間層として介してもよい。なお、この下部電極103は振動板膜を兼ねることになる。

【0092】その上に圧電体膜前駆体104bを積層する。本実施例では、チタン酸鉛とジルコン酸鉛とのモル配合比が5%、4.5%となるようなPZ系圧電膜の前駆体を、ゾルゲル法にて、最終的に0.9 μ m厚みとなるまで6回の塗工・乾燥・脱脂を繰り返して成膜した。なお、種々の試行実験の結果、次の圧電膜の化学式が、 $PbCTi_{1-x}Zr_xRO_{3-x}$ （ $A+B=1$ ）にて表される化学式中のA、Cが、 $0.5 \leq A \leq 0.6$ 、 $0.85 \leq C \leq 1$ 、1.0の範囲内で選択すれば、実用に耐える圧電性を与えることができた。成膜方法は、本方法に限らず高周波スパッタ成膜やCVD等を用いてもよい。

【0093】図12(b)： 次に、基板全体を圧電体膜前駆体を結晶させるために加熱する。本例では、赤外線照射光源17を用いて、基板の両面から、酸素雰囲気中で650℃で3分保持した後、900℃で1分加熱し、自然降温させることにより、圧電体膜の結晶化を行なった。この工程により、圧電体膜前駆体24は上記の組成

で結晶化および焼結し、圧電体膜104となった。

【0094】図12(c): 圧電体膜104上に上部電極膜105を形成する。本例では、上部電極膜105を200nm厚の金をスパッタ成膜法にて形成した。

【0095】図12(d): 上部電極膜105および圧電体膜104に対し、加圧室106が形成されるべき位置に合わせて、適当なエッチングマスク(図示せず)を施した。その後、所定の分離形状にイオンミリングを用いて同時に形成した。

【0096】図12(e): 下部電極膜103を同じく適当なエッチングマスク(図示せず)を施した後、所定の形状にイオンミリングを用いて形成した。

【0097】図13(f): この基板10の能動素子側に、さらに後工程で浸される種々の薬液に対する保護膜(窒素化合物等図示せず)を形成後、基板10の加圧室側の面の、少なくとも加圧室あるいは側壁を含む領域に、エッチング保護層102を弗化水素によりエッチングし、エッチング用の窓14を形成する。

【0098】図13(g): その後、異方性エッチング液、たとえば80℃に保温された濃度40%程の水酸化カリウム水溶液を用いて、窓14の領域のシリコン単結晶基板20を所定の深さdまで異方性エッチングする。この所定の深さdとは、側壁107の高さの設計値を基板10の厚さから減じた値に相当する深さである。本例では、深さdを基板10の厚み220μmの半分である110μmとした。したがって、側壁107の高さも110μmとなる。なお、この加圧室形成としては、平行平板型反応性イオンエッチング等の活性気体を用いた異方性エッチング方法を用いてもよい。この工程により、図10で説明したような、基板側の薄い凹部12と基板単位境界13(段差部)が形成される。

【0099】図13(h): 次に、凹部12を形成した基板10の加圧室側に、CVD等の化学的气相成長法により二酸化珪素膜をエッチング保護層として1μm形成した後、加圧室を形成するマスクを施し、弗化水素によりエッチングする。なお、この二酸化珪素膜の成膜方法は、他にゾルゲル法を用いてもよいが、能動素子側の面には既に圧電体膜が形成されているので、1000℃以上の高温加熱が必要な熱酸化法は、圧電体膜の結晶性を疎外するので適さない。

【0100】図13(i): さらに異方性エッチング液、たとえば80℃に保温された濃度17%程の水酸化カリウム水溶液を用いて、基板10を加圧室側から能動素子側に向けて異方性エッチングし、加圧室106および側壁107を形成する。なお、深さdに対し、この段差と直近の加圧室までの距離aは少なくともa≧dであった方がよい。なぜなら、エッチング保護層のパターン化時に、液性の樹脂レジストの塗布を行う際、この段差の角部に液が溜まることがあるため、この溜まりが加圧室寸法精度に弊害を及ぼさないように、ある程度の逃げを

要するからである。

【0101】図13(j): 以上の工程により形成された加圧室基板に、別体のノズルユニット2を基板単位境界13の側面により位置決めをしながら接合する(図1および図2参照)。

【0102】実施例1では、加圧室のピッチを70μm、加圧室の幅を56μm、長さ(図中奥行き方向)を1.5mmとし、側壁の幅は14μmとした。また、加圧室1列当たり128素子を配し、2列で720ドット/インチ、256ノズルの印字密度を有するプリンタヘッドを実現している。

【0103】このインクジェットプリンタヘッドを、従来のインクジェットプリンタヘッド(つまり側壁の幅が同じく14μmで高さが220μmのインクジェットプリンタヘッド)と比較した。

【0104】従来品では、1素子(加圧室)を駆動した場合は吐出インク速度が2μm/sec、吐出インク量が20ngであった。ところが隣接する素子を同時に駆動すると、吐出速度が5μm/sec、吐出量が30ngに増加し、実用的な性能ではなかった。これは、前述の通り、加圧室側壁の変形による圧力損失および隣接素子への圧力の伝搬によるものである。

【0105】それに対し、本実施例によるインクジェットプリンタヘッドによれば、従来品と同条件で吐出速度は8μm/sec、吐出量は22ngでありまた単一の素子を駆動した場合も、隣接する素子を同時に駆動した場合もほとんど特性上の差が無かった。つまり、本実施例により、側壁の高さを110μmと半減させることにより、その剛性を約30倍以上に上げることができたためである。

【0106】また、基板単位境界を加圧室基板の一部に残し、その壁面をノズル板との位置決めの基準部としたので、加圧室基板にノズルユニットを高精度で貼り合わせるができる。

【0107】図14に、その位置決めの基準となる係止部および被係止部を形成した他の実施例を示す。加圧室基板1の加圧室106が設けられていない部分に、係止部として突起部15が設けられている。ノズルユニット2が加圧室基板1に貼り合わせられる際、この突起部15に対向するノズルユニット2上の位置には、被係止部として位置決め穴16が設けられている。本例のように、積極的に加圧室基板にノズルユニットに係止する突起や位置決め穴を任意に形成することも可能である。

【0108】(製造方法の実施例2)図15に、本第2形態におけるインクジェットプリンタヘッドの製造方法の実施例2を示す。前述した実施例1の(e)までの工程は、本実施例でも同じである。図15(f): 基板10の加圧室側に、加圧室106を設けるべき形状にマスクを施し、エッチング保護層であるところの二酸化珪素膜102を弗化水素によりエッチングする。さらに、このエッチング保護層102のうち、実施例1の凹部12

に相当する領域をエッチングし、低膜厚部102aを形成しておく。

【0109】図15(g)：異方性エッチング液、たとえば80℃に保温された濃度17%の水酸化カリウム水溶液を用いて、基板10を加圧室側から能動素子側に向かって異方性エッチングする。

【0110】図15(h)：その後、弗化水素にて前記低膜厚部102aをエッチングして除去することにより、シリコン単結晶面が露出する窓14を形成する。

【0111】図15(i)：そして、異方性エッチング液、たとえば80℃に保温された濃度40%程度の水酸化カリウム水溶液を用いて、側壁107を所定の高さまで減じる。

【0112】実施例2によれば、これら工程を用いても本実施の形態のインクジェットプリンタヘッドの構造を得ることができる。なお、図15(f)の工程において、低膜厚部102aの厚さを、同図(g)の基板のエッチングと同時になくなる程度の薄さに調整しておくことにより、同図(h)の工程を省くこともできる。

【0113】なお、加圧室基板の形成が終了した基板10は、各加圧室基板1に分離される。その際、図10に示すP1のピッチで各加圧室基板1を分離すれば、従来と同様の加圧室基板1が分離できる。また、P2のピッチ（基板単位境界13の中心線）で各加圧室基板1を分離してもよい。この場合、分離後の加圧室基板1の周辺に厚い側壁が形成される。この側壁の部分は、図1に示すように、基板3に組み込む際には基板3と加圧室基板1との接着面として機能するため、取り扱いが容易かつ、基板への接着強度が上昇するという効果を奏する。

【0114】以上に述べたように本実施の第2形態によれば、基板の加圧室側に凹部を形成するエッチングを施すことにより、シリコン単結晶基板の元の厚さに関わらず側壁を意図した高さに形成し、その剛性を上げることができる。

【0115】さらに、凹部を形成する工程を、各加圧室基板の切断分離工程の直前に行えば、基板の剛性の低下による取り扱い上の注意も最小限で済む。

【0116】さらに加えて、加圧室基板に係止部が一体的にかつ高精度で形成でき、係止部をノズル板との位置決め基準として使用することで、加圧室基板とノズル板の相対位置精度を向上させることができる。

【0117】＜第3形態＞本発明の実施の第3形態は、前記第2形態とは異なり、シリコン単結晶基板の加圧室を設ける面とは反対側の面に凹部を形成するものである。

【0118】（ウェハの構造）図16に、本実施の形態に係る加圧室基板の製造方法におけるシリコン単結晶基板のレイアウト図を示す。本実施の形態におけるレイアウトは、前述した第2形態と同様に、考えられる。すなわち、基板10の面積を、従来の基板より広く、かつ、

厚くする。また、第2形態と同様に単位領域を設ける。ただし、本形態では、凹部12を基板の能動素子側に設ける。

【0119】なお、以下の説明において、凹部12や単位領域の正面の形状は正方形とし、凹部12の幅をP1、単位領域（基板単位境界13の間）のピッチをP2とする。

【0120】次に、本実施の形態におけるインクジェットプリンタヘッドの製造方法を説明する。図17(a)～(j)、および図18(a)～(f)は、シリコン単結晶基板10の製造仮定における断面を略略して示したものである。図17～図19に示す各断面図は、図16における基板10をa-aの線に沿って切断した断面図であり、より具体的には、加圧室基板1のうち、複数の側壁107を備える切断面から基板形成過程を観察したものである。能動素子側が、図17～図19における基板の上側の面に相当する。

【0121】（凹部形成工程）図17に、基板に凹部を形成する凹部形成工程の各工程を示す。

【0122】図17(a)：ウェハ洗浄工程：基板の前処理のため、基板上の油分や水分の除去が行われる。

【0123】図17(b)：被加工層形成工程：被加工層として基板に二酸化珪素層を設ける。例えば、1100℃の炉の中で、乾燥酸素を流して2時間程度熱酸化させ、約1μmの膜厚の熱酸化膜を形成する。あるいは、1100℃の炉の中で、水蒸気を含む酸素を流して5時間程度熱酸化させ、約1μmの膜厚の熱酸化膜を形成する。これらの方法により形成された熱酸化膜は、エッチングに対する保護層となる。

【0124】図17(c)：レジスト塗布工程：レジストをスピンナー法、スプレー法等の方法を用いて均一な厚さのレジストを塗布する。そして、前乾燥を行うために、80℃～100℃の温度で過熱し、溶剤を除去する。なお、ウェハの背面の熱酸化膜を保護するため、表面に形成するレジストと同じレジストを背面に被着形成する。

【0125】図17(d)：露光：基板単位境界の位置にレジストを残すべくマスクを行い、紫外線、X線等で露光を行う。

【0126】図17(e)：現像：露光が終わった基板は、スプレー法やディップによる現像、リンスが行われる。ここでは、ボジ型のレジストのパターニングを行っているが、ネガ型のレジストをパターンニングしても無論よい。現像が終わった後は、レジストを硬化させるため、120℃～180℃で乾燥させる。

【0127】図17(f)：エッチング工程：弗酸と弗化アンモニウムからなる混合溶液等で、熱酸化膜のエッチングを行う。

【0128】図17(g)：レジスト除去：残ったレジストを、有機溶媒を用いた剝離剤を用いたり酸素プラズ

マによって剥離する。

【0129】図17(h)： シリコンエッチング形成工程：本発明に係る凹部を、ウェットエッチング法、あるいはドライエッチング法によって形成する。

【0130】ウェットエッチングの方法としては、例えば、弗酸が18%、硝酸が30%、酢酸が10%含まれる混合液を用いて、所定の深さ（形成後の加圧室基板の厚さとして適当な厚さ、例えばエッチング後のウェハの厚さが150 μ mになる程度の深さ）までエッチングする。

【0131】なお、シリコン結晶は、アルカリ性溶液に対し、エッチングレート差が存在する。このため、アルカリ性溶液によるエッチングを行うと、たとえ初期のウェハ表面が平滑であっても、エッチング後には、凹凸が生じることもある。例えば、凹凸の高底差が約5 μ mで、ピッチが5〜10 μ m程度の凹凸が生じる。したがって、アルカリ性溶液によるエッチングを行う際には注意する。

【0132】図17(i)： 熱酸化膜エッチング工程：シリコンエッチングを行うと、図17(h)に示したような熱酸化膜のひしきが生ずる。このひしきを除去するため、ウェハ全領域の熱酸化膜を、弗酸水溶液でエッチングする。

【0133】図17(j)： 被加工膜形成：再び上記(h)と同様な方法で熱酸化膜をウェハの全領域に、1〜2 μ mの膜厚で形成する。

【0134】以上の凹部形成工程により、基板には複数の凹部12が形成できる。

【0135】（圧電体薄膜素子形成工程）上述のように、凹部12を形成した場合、基板面上に凹凸が生じるため、均一な厚さのレジスト形成が困難になる。このため、本形態では、ローラ等を用いて、オフセット印刷に類似した方法により、レジストの塗布を行うフォトリソグラフィ法を用いる。

【0136】図18に、圧電体薄膜素子を形成する各工程を示す。

【0137】図18(a) 振動板膜形成工程：ウェハの全領域に設けた熱酸化膜は、振動板膜102として機能する。なお、本工程は、図17(j)の工程と同一工程を異なる表現に置き換えたものに過ぎない。

【0138】図18(b) 圧電体薄膜形成工程：凹部が形成された振動板膜102上に、圧電体薄膜素子を形成する。圧電体薄膜素子は、圧電体薄膜が上下の電極層により挟まれた構造となっている。下部電極103および上部電極105の組成、圧電体膜104の組成および圧電体膜前駆体を熱処理する工程に関しては、前述した第1形態と同様である。

【0139】図18(c) レジスト形成工程：次にレジストを塗布するが、基板面には凹凸が生じているため、従来のスプレー法等では均一なレジストを塗布すること

ができない。そこで、凹部12にレジストを設けるため、ローラを用い、オフセット印刷類似の方法でレジストを塗布するロールコート法を採用する。ローラは、ゴム等の弾性体でできている。ローラには、オフセット印刷と類似の手法で、凹部の形状に成形したレジストが転写される。そして、基板10に密着させてこのローラを回転させ、ローラ上のレジストを基板10の凹部領域に転写させる。なお、均一なレジストを塗布することができるなら、ローラによらず他の方法を用いてもよい。

【0140】図18(d) マスク・露光工程：次に、通常の方法（図3で示した方法）を用いてマスクを施し、露光を行う。マスクパターンは、電極の形状に相当するものである。

【0141】図18(e) 現像工程：現像も通常の方法を用いて行うことができる。ここでは、ポジ型の現像を行っている。

【0142】図18(f) エッチング工程：いいて、イオンミリング、あるいはドライエッチング等を用いて、不要な電極部分を除去し、レジストを除去すれば圧電体薄膜素子の電極が完成する。

【0143】そして、基板の裏面には、例えば、異方性エッチング、平行平板型反応性イオンエッチング等の活性気体を用いた異方性エッチングを用いて、凹部12の空間のエッチングを行い、加圧室基板1の形成が完了する。加圧室の形成については、前述した実施の第2形態と同様に考えられる。

【0144】（加圧室基板の構造）図19に、上述した製造方法により加圧室基板の形成が終了したシリコン単結晶基板10の断面図を示す。同図に示すように、基板10の振動素子側には、凹部12が形成されている。振動板膜102の上には下部電極103が形成され、その上に、上部電極105を設けた圧電体膜104が形成されている。また、基板10の加圧室側には、イオンミリング等により加圧室106が形成され、加圧室106の間は側壁107により仕切られている。凹部12の部分のみに注目すると、従来の150 μ m厚のシリコンウェハに形成した加圧室基板と同一の構造をなしていることが判る。

【0145】加圧室基板1の基板10からの切り離しについては、前述した第2形態と同様に考えることができる。すなわち、図16におけるP1のピッチで切り離しても、P2のピッチ切り離してもよい。切り離された加圧室基板1には、ノズルユニット2が接着される（図1および図2参照）。

【0146】上記本発明の第3形態によれば、基板の厚さを厚くできるので、機械的強度を上げることができる。このため、製造工程における取り扱いが容易になる。

【0147】また、基板の厚さを厚くしたにもかかわらず、凹部領域を設けることにより側壁の高さを従来と変

わらなくできるため、クロストークが増加するという弊害は生じない。

【0148】さらに加えて、基板の機械的強度が増加したので、従来より基板を大面積化できる。一枚の基板に一度に多くの加圧室基板を形成できるので、製造コストの大幅な軽減が図れる。

【0149】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、側壁の高さを低くし、壁の剛性を高めるため、クロストークの発生しない高解像度のインクジェットプリンタヘッドを提供できる。

【0150】また、凹部領域をシリコン単結晶基板のいづれかの面に形成するので、シリコン単結晶基板の厚みを厚くできる。たとえ加圧室基板を形成した後でも、基板には凹部領域のまわりに厚みのある周辺領域が格子的に残されることになるので、基板自体の剛性が高い。このため、製造中における基板の取り扱いが容易となり、歩留りを高くできるという効果も奏する。

【0151】さらに、本発明によれば、基板の機械的強度を高くすることができるので、基板を大面積化して、より多くの加圧室基板を一度に形成することができる。したがって、製造コストを削減することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の第1形態におけるインクジェットプリンタヘッドの分解斜視図である。

【図2】第1形態におけるインクジェットプリンタヘッドの主要部の分解斜視図である。

【図3】第1形態における実施例1の加圧室の長手方向に直角な面における主要部断面図である。

【図4】第1形態における実施例1の加圧室の長手方向に直角な面における製造工程断面図である。

【図5】第1形態の実施例2の加圧室の長手方向に直角な面における加圧室基板断面図である。

【図6】第1形態の実施例3の加圧室の長手方向に直角な面における加圧室基板断面図である。

【図7】第1形態の実施例4の加圧室の長手方向に直角な面における加圧室基板断面図である。

【図8】第1形態の実施例5の加圧室の長手方向に直角な面における加圧室基板断面図である。

【図9】第1形態の実施例6の加圧室の長手方向に直角な面における加圧室基板断面図である。

【図10】本発明の実施の第2形態におけるインクジェットプリンタヘッドのシリコン単結晶基板上のレイアウト図である。

【図11】第2形態におけるインクジェットプリンタヘッドのシリコン単結晶基板上のレイアウトの変形例である。

【図12】第2形態における実施例1の加圧室の長手方向に直角な面における製造工程断面図（その1）である。

【図13】第2形態における実施例1の加圧室の長手方向に直角な面における製造工程断面図（その2）である。

【図14】第2形態における加圧室基板とノズルユニットとの接続を説明する図である。

【図15】第2形態における実施例2の加圧室の長手方向に直角な面における製造工程断面図である。

【図16】本発明の実施の第3形態におけるインクジェットプリンタヘッドのシリコン単結晶基板上のレイアウト図である。

【図17】第3形態における加圧室の長手方向に直角な面における製造工程断面図（凹部形成工程）である。

【図18】第3形態における加圧室の長手方向に直角な面における製造工程断面図（圧電体薄膜形成工程）である。

【図19】第3形態におけるシリコン単結晶基板の加圧室の長手方向に直角な面における断面図である。

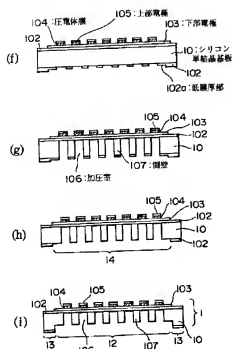
【図20】従来の加圧室基板の加圧室の長手方向に直角な面における断面図である。

【図21】従来の加圧室基板の駆動原理およびその問題点を説明する加圧室の長手方向に直角な面における断面図である。

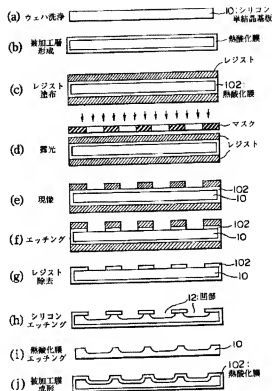
【符号の説明】

- 1…加圧室基板
- 2…ノズルユニット
- 3…基板
- 4…配線基板
- 10、501…シリコン単結晶基板（ウェハ）
- 11…外周部
- 12、12b…凹部
- 13…基板単位境界
- 14…窓
- 15…突起部
- 16…位置決め穴
- 17…輻射光源
- 20…ノズル形成基板
- 21…ノズル
- 22…リザーバ室形成基板
- 23…インクリザーバ室
- 24…インク供給路形成基板
- 25…インク供給路
- 26…連通路基板
- 27…連通路
- 102、502…熱酸化膜（振動板膜）
- 103、503…下部電極
- 104、504…圧電体膜
- 105、505…上部電極
- 106、506…加圧室
- 107、507…側壁
- 108…溝

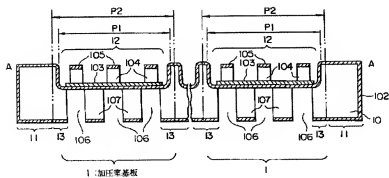
【図15】



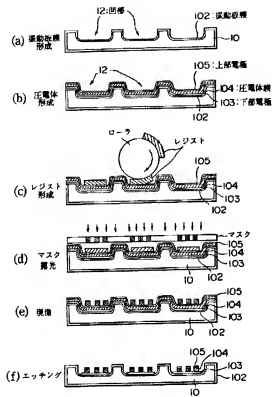
【図17】



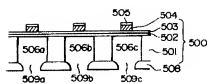
【図19】



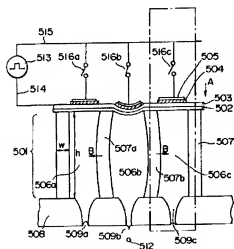
【図18】



【図20】



【図21】



フロントページの続き

(72)発明者 橋爪 勉
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコ
ーエプソン株式会社内